

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-019114

(43)Date of publication of application : 28.01.1994

(51)Int.Cl.

G03F 1/08  
G03F 7/20  
H01L 21/027

(21)Application number : 04-178345

(71)Applicant : HITACHI LTD  
HITACHI ELECTRON ENG CO LTD

(22)Date of filing : 06.07.1992

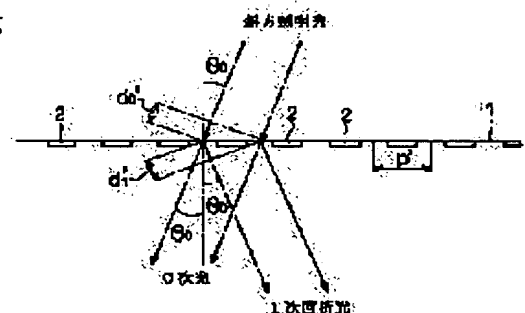
(72)Inventor : MORIUCHI NOBORU  
SHIRAI SEIICHIRO  
SODA YUICHI

## (54) FORMATION OF FINE PATTERN

## (57)Abstract:

PURPOSE: To improve resolution and depth of focus by disposing phase shifters on a photomask to be used as an original plate and optically combining a deformed illumination method and a phase shift method.

CONSTITUTION: The phase shifters are disposed in a part or the whole of the photomask to be used as the original plate at the time of exposing the photomask with an exposure device using the deformed illumination. The phase shifters preferably consist of a shifter thickness different from the shift thickness to apply the phase shift of 0.5 times the exposure wavelength. For example, the phase shift mask to be used is not the conventional phase shift mask of applying the phase shift of  $\lambda/2$  but is the phase shift mask of, for example,  $\lambda/4$ . The phase shift quantity varies from  $\lambda/2$  when this phase shifters are imparted to the mask patterns 2 finer than the optimum line width/inter-line spacing and, therefore, the zero order diffracted light is not completely erased and is suppressed to the extent that the light is weakened. Further, the effect of weakening the intensity of the zero order diffracted light eventually makes up the defect of the low contrast of the projected image possessed by the deformed illumination exposure device.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the  
examiner's decision of rejection or application  
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of  
rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-19114

(43)公開日 平成6年(1994)1月28日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 3 F 1/08	A	7369-2H		
7/20	5 2 1	9122-2H		
H 0 1 L 21/027		7352-4M	H 0 1 L 21/ 30	3 0 1 P
		7352-4M		3 1 1 W
審査請求 未請求 請求項の数 2(全 5 頁)				

(21)出願番号 特願平4-178345

(22)出願日 平成4年(1992)7月6日

(71)出願人 000005108  
株式会社日立製作所  
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(71)出願人 000233480  
日立電子エンジニアリング株式会社  
東京都千代田区大手町2丁目6番2号

(72)発明者 森内 昇  
東京都青梅市今井2326番地 株式会社日立  
製作所デバイス開発センタ内

(72)発明者 白井 精一郎  
東京都青梅市今井2326番地 株式会社日立  
製作所デバイス開発センタ内

(74)代理人 弁理士 秋田 収喜

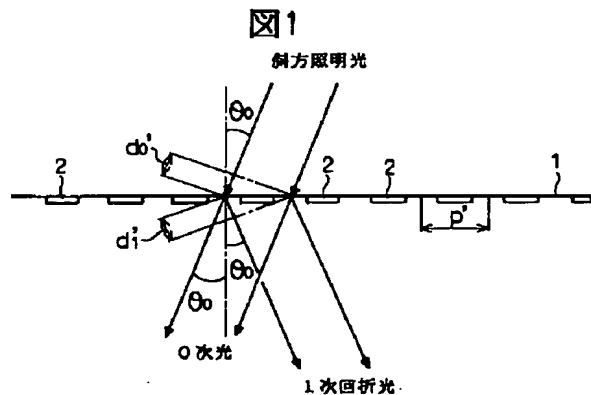
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 微細パターン形成方法

(57)【要約】

【目的】 レベソソソ型位相シフト法と変形照明法を所定の条件のもとで組み合わせることにより、レベソソソ型位相シフト法を単独で用いた場合若しくは変形照明法を単独で用いた場合に比べて解像度、焦点深度を向上できる。

【構成】 変形照明を用いた露光装置で露光する際に原版となるフォトマスクの一部又は全部に位相シフトを配設し、変形照明法と位相シフト法を光学的に組み合わせる微細パターン形成方法である。前記フォトマスクの位相シフトが、露光波長の0.5 倍の位相シフトを与えるシフト厚とは異なるシフト厚から成る。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 変形照明を用いた露光装置で露光する際に原版となるフォトマスクの一部又は全部に位相シフトを配設し、変形照明法と位相シフト法を光学的に組み合わせることを特徴とする微細パターン形成方法。

【請求項2】 前記フォトマスクの位相シフトが、露光波長の0.5 倍の位相シフトを与えるシフト厚とは異なるシフト厚から成ることを特徴とする微細パターン形成方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、微細パターン形成方法に関し、特に、半導体集積回路素子、表示回路素子、プリント基板等の電子部品の製造に用いる露光装置において、輪帯照明、斜方照明、4つ穴照明などの変形照明を用いた露光装置で露光する際に原版となるフォトマスクの一部又は全部にレベンソン型位相シフト又は補助パターン型位相シフトを設け、変形照明法と位相シフト法を光学的に組み合わせる微細パターン形成方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】特公昭62-50811号公報(文献1)、特開昭57-62052号公報(文献2)に記載される「透過照明用被投影原版」では、相隣る開口部の一方に位相シフト部材を設けることにより、解像度向上を実現する所謂レベンソン型位相シフトマスクが開示されている。また、「変形照明をi線に採用し、焦点深度2倍を0.35  $\mu\text{m}$ で実証」日経マイクロデバイス、PP28~37、1992、4月号(文献3)では、変形照明の原理の概略とその効果が開示されている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】本発明者は、前記従来技術を検討した結果、前記変形照明法では、コントラストが低下するとう問題があった。

【0004】そこで、前記変形照明法と位相シフト法を組合せることが考えられるが、前記文献3のp26に「原理的にレベンソン型位相シフトと変形照明を組み合わせると解像しなくなる。」と記述されているように、従来、レベンソン型位相シフトと変形照明の組み合わせは、逆効果とされてきた。

【0005】本発明の目的は、前記レベンソン型位相シフト法と変形照明法を所定の条件のもとで組み合わせることにより、レベンソン型位相シフト法を単独で用いた場合若しくは変形照明法を単独で用いた場合に比べて、解像度、焦点深度を向上できる技術を提供することにある。

【0006】本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述及び添付図面によって明らかになるであろう。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】本願において開示される

発明のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば、下記のとおりである。

【0008】すなわち、変形照明を用いた露光装置で露光する際に、原版となるフォトマスクの一部又は全部に位相シフトを配設し、変形照明法と位相シフト法を光学的に組み合わせる微細パターン形成方法である。

【0009】前記フォトマスクの位相シフトは、露光波長の0.5 倍の位相シフトを与えるシフト厚とは異なるシフト厚から成る。例えば、本発明において用いる位相シフトマスクは、従来の $\lambda/2$ 分の位相シフトを与えるものではなく、例えば $\lambda/4$ の位相差を与える位相シフトマスクとする。

## 【0010】

【作用】前述した変形照明露光装置の場合、照明系絞りの配置方法により、最適線幅/線間隔 $R_0$ が存在し、 $R_0$ に近い微細なパターンでは、マスクを照明することによって生じる回折光のうち、0次回折光(中心線光)と、+1次回折光(右側光)又は-1次回折光(左側光)のうちのどちらか一方、つまり2つの回折光だけが結像に関与する。

【0011】一方、一般的に用いられている $\lambda/2$ の位相シフトを与えるレベンソン型位相シフトマスクでは、 $\lambda/2$ の位相差により隣り合う開口部間で打ち消し合う(Destructive)干渉が発生するため、0次回折光は完全に消去されるため、従来、変形照明とレベンソン型位相シフトの組み合わせでは、解像しなくなるとされてきた。

【0012】しかしながら、 $\lambda/2$ とは異なる位相差を与える位相シフトを、 $R_0$ より微細なマスクパターンに付加すれば、以下に述べる作用により、変形照明との組み合わせで解像度、焦点深度を向上できる。

【0013】位相シフト量が $\lambda/2$ とは異なるため、0次回折光は完全に消去されず、「弱める」といった程度にとどめることが可能であり、位相シフトマスクと変形照明との組み合わせを可能にする。

【0014】さらに、0次回折光強度を「弱める」という作用は、変形照明露光装置が元来もっている投影された像のコントラストが低いという欠点を補うものである。変形照明露光装置では、前記のとおり、0次回折光と、+1次回折光又は-1次回折光のどちらか一方のみが結像に関与するため、-1次回折光又は+1次回折光のどちらかは結像に関与しない。このため、相対的に0次回折光強度が強まり、 $\pm 1$ 次回折光強度が弱まり、低コントラストとなっているからである。

【0015】 $R_0$ より微細なマスクパターンを露光すると、0次/ $\pm 1$ 次回折光間の開き角度が大きくなり、 $\pm 1$ 次回折光が投影レンズ瞳内に収まらない可能性があるが、マスク上の隣り合う開口に位相シフトを与えるレベンソン型位相シフトマスクでは、前記開き角度を位相シフトを用いない場合に比べて小さくする作用があるた

10

20

30

40

50

め、 $R_o$ より微細なパターンにおいても変形照明露光装置と位相シフトマスクの組み合わせで解像度、焦点深度の向上が図れる。

【0016】前述のように、 $\lambda/2$ とは異なる位相シフトマスクでは、0次光を“弱める”効果があり、これは $R_o$ 以上のパターンに対しても変形照明光源露光装置の弱点を補う作用を有する。

【0017】

【実施例】以下、図面を参照して、本発明の実施例を詳細に説明する。

【0018】図1は、本発明の微細パターン形成方法の一実施例を説明するための原理説明であり、図2は、斜方照明法によるの微細パターン形成方法を説明するための原理説明図である。なお、図1及び図2において、1はレチクル基板(ガラス基板)、2は遮光膜(Crパターン)である。

【0019】図2において、 $\theta_o$ は斜方照明傾き角=0次光方向、 $\theta_1$ は1次回折光傾き角、 $p$ はパターンピッチ(線幅+線間隔)、 $d_o$ は斜方照明により生じる光路差、 $d_1$ は $\theta_1$ 方向に1次回折光を生じるために必要な光路差である。

【0020】 $d_o = p \sin \theta_o$ 、 $d_1 = p \sin \theta_1$ 、 $d_1 + d_2 = \lambda$ に、 $R_o = 0.35 \mu\text{m}$ で最適とするために、 $\theta_o = \theta_1$ 、 $p = 0.35 \times 2 \times 5 (\mu\text{m})$ を用い、 $\sin \theta_o = \lambda/2p = \lambda/7$ となり、照射光の波長 $\lambda = 0.365 (\mu\text{m})$ を用い、 $\theta_o = \sin^{-1}(0.35/7) \approx 3^\circ$ となる。

【0021】なお、図2において、 $\theta_o = \theta_1$ とすることにより、物体であるレチクルの像が投影されるウエーハ

$$S/\lambda = 1 - 2p' \sin \theta_o / \lambda = 1 - 2 \times 2.5 \times 0.36/7 / 0.365 \approx 0.2857$$

となり、露光波長 $\lambda$ の0.2857倍の位相シフトを与える位相シフトを0.25 $\mu\text{m}$ パターンに適用すれば良い。

【0028】本実施例では、数字を整え計算を簡略化するために、 $\lambda$ の0.25倍の位相シフトを与えるシフトを用いた。これにより、1次回折光角度は若干広がるが、投影光学系瞳から逸脱するものではない。

$$I_o = \int_0^{\pi} (\cos \theta + \cos \theta)^2 d\theta = 4 \int_0^{\pi} \cos^2 \theta d\theta = 4\pi$$

となる。

【0032】これに対し、 $\lambda/4$ シフトの場合については、

$$I_o' = \int_0^{\pi} \{\cos \theta + \cos(\theta + \pi/2)\}^2 d\theta = 2\pi$$

となり、 $\lambda/4$ シフトの導入により、0次光強度を半減できる。

【0034】これは、0次光と $\pm 1$ 次回折光の一方しか結像に関与せず、元来投影像のコントラストの低い変形

側において、ウエーハの上下方向の位置ズレが発生しても、つまり焦点位置ズレが発生しても、結像に関与する2光束(0次と+1次回折光又は-1次回折光)間で光路差が発生せず、大きな焦点深度を得ることが可能となる。

【0022】本実施例の微細パターン形成方法においては、Hgランプi線1/5縮小投影露光装置を用い、変形照明の最適幅/線間隔 $R_o = 0.35 \mu\text{m}$ とした。また、約3度傾けた照明を用いるものとした。

10 【0023】前記斜方照明系を用いて、0.25 $\mu\text{m}$ の線幅/線間隔に $\lambda/2$ とは異なる位相シフトを与えるレベソソ型位相シフトの例について説明する。

【0024】これは、0.35 $\mu\text{m}$ に最適化された変形照明露光装置が64M[bit] DRAM用とするならば、64M[bit] DRAM用露光装置と位相シフトマスクを組み合わせ、256M[bit] DRAM級の微細パターン形成方法を例示するものとなる。

20 【0025】本実施例の微細パターン形成方法は、前記3°の傾きをもつ斜方照明を用いて、0.25 $\mu\text{m}$ の線幅/線間隔パターンで最大焦点深度を得るために、図1に示すように、 $d_o' = p' \sin \theta_o$ 、 $d_1' = S + p' \sin \theta_o$ とし、ここでは位相シフトにより与えられる光路差をSとした。

【0026】 $d_1' + d_2' = \lambda$ を用いると、 $S = \lambda - 2p' \sin \theta_o$ となる。これに、 $\lambda = 0.365 \mu\text{m}$ 、 $p' = 0.25 \mu\text{m} \times 2 \times 5 = 2.5 \mu\text{m}$ 、 $\sin \theta_o = \lambda/2p = \lambda/7$ を代入し、S/ $\lambda$ を求めると、

【0027】

【数1】

【0029】以下、 $\lambda/4$ シフトにより、0次光を“弱める”作用について説明する。

【0030】通常の場合を用いた場合(位相シフトマスクを用いない場合)の0次光の相対的強度を簡略化して計算すると、

【0031】

【数2】

【0033】

【数3】

照明露光装置に対しては、 $R_o$ 以下の微細なパターンのみならず、大きなパターンのコントラスト改善に対しても大きな効果をもたらす。

50 【0035】以上、本実施例では、 $R_o$ より微細なパタ

ーンについてのみ $\lambda/2$ とは異なる位相シフトマスクと変形照明露光装置の組み合せについて説明したが、0次光を“弱める”効果に期待し、R<sub>0</sub>以上のパターンにも位相シフトを適用しても良い。

【0036】以上の実施例においては、i線露光(露光波長0.365 $\mu$ m)を用いて説明したが、g線、エキシマレーザ等の光源を用いた露光装置にも同様の考え方が適用できることは言うまでもない。また、レベソソ型位相シフトを例に上げたが、同様にマスク上相隣る開口の片側にシフトを設ける補助パターン方式にも適用でき

【0037】以下、本発明で用いた位相シフトレチクルの作製法を簡単に説明するが、ここでは露光波長の1/2倍の位相シフトを与えるシフト厚とは異なるシフト厚の代表例として、露光波長の1/4倍の位相シフトを与えるシフト厚とした。

【0038】本実施例においては、シフト材として、SOG(Spin On Glass)又はガラス基板を用いた。両者のi線に対する屈折率は $n \approx 1.45$ であり、露光雰囲気である空気の屈折率を $n_0 = 1.0$ とし、 $\lambda/4 = t(n - n_0)$ とし、シフト厚 $t$ を約0.20 $\mu$ mとして実施した。

【0039】図3は、本実施例のシフト材をSOGとした場合の位相シフトレチクル製作工程における位相シフトレチクル断面図である。図3において、1はガラス基板、2は遮光膜のCrパターン、3はSOGからなるシフト、4はEBレジストである。

【0040】図3(a)に示すCrパターン2の上に、図3(b)に示すように、SOGからなるシフト3を約0.20 $\mu$ mスピコート後ベークし、その上にEBレジスト4を塗布し、図3(c)に示すように、EB描画、現像により位相シフト用レジストパターンを形成し、エッチ・レジスト除去により、露光波長の1/4倍の位相シフトを与えるレチクルは完成する(図3(d))。

【0041】図4は、本実施例のガラス基板をシフト材とした場合の位相シフトレチクル製作工程における位相シフトレチクル断面図である。図4において、1はガラス基板、2は遮光膜のCrパターン、5はCrパターンニング用レジスト、6はシフトパターンニング用レジストである。

【0042】図4(a)に示すCrパターンエッチ後のレジストが除去されていないパターン上に、さらにレジスト塗布し、描画、現像を行うことにより、位相シフト用レジストパターン6を形成する(図4(b))。その後、0.2 $\mu$ m分ガラス基板1をエッチ・レジスト除去により、図4(c)に示した断面を持つ位相シフトレチクルを

得ることができる。

【0043】また、本実施例では、特に図示しなかったが、ガラス基板1上にエッチングストッパー層として窒化珪素膜( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )等の薄膜を設け、その上にSOG塗布、ベーク、エッチ後、図4に示した製作工程をとってもよい。

【0044】本実施例では、0.25 $\mu$ mL/Sパターンに用いる位相シフトについて説明したが、1つのレチクル内に0.25 $\mu$ mのパターンと、それより大きなパターンが混在する場合には、0.25 $\mu$ mのパターンにのみ上記シフトを用いてもよいし、また、0次光量低減効果を期待し、0.25 $\mu$ mより大きなパターンにも $\lambda/2$ とは異なる位相シフトを与えるシフトを用いてもよい。

【0045】以上、本発明者によってなされた発明を、前記実施例に基づき具体的に説明したが、本発明は、前記実施例に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々変更可能であることは勿論である。

【0046】

【発明の効果】本願において開示される発明のうち代表的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば、下記のとおりである。

【0047】0次光を弱める効果により、変形照明露光装置を用いた場合の低コントラスト化を防止できる。

【0048】変形照明露光装置の解像能力、焦点深度を $\lambda/2$ 位相シフトとは異なる位相シフトマスクの導入により、大幅に微細パターンまで延長させることが可能となり、同一装置で高集積化及び経済性を向上することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の微細パターン形成方法の一実施例を説明するための原理説明図、

【図2】 本発明にかかわる斜方照明法によるの微細パターン形成方法を説明するための原理説明図、

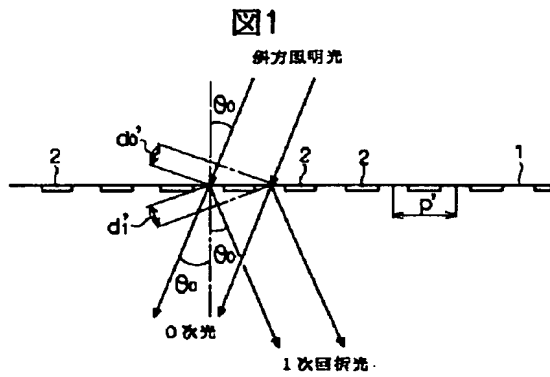
【図3】 本実施例のシフト材をSOGとした場合の位相シフトレチクル製作工程における位相シフトレチクル断面図、

【図4】 本実施例のガラス基板をシフト材とした場合の位相シフトレチクル製作工程における位相シフトレチクル断面図。

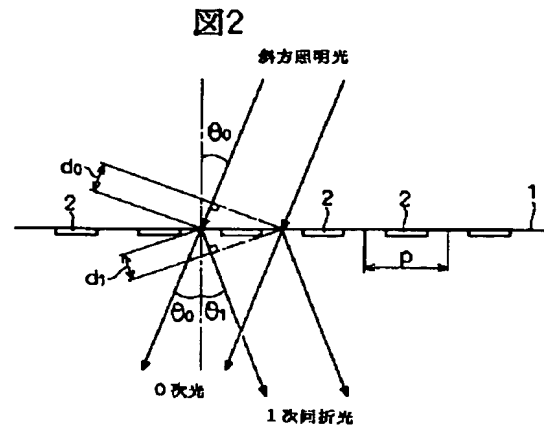
【符号の説明】

1…ガラス基板、2…Crパターン、3…シフト、4…EBレジスト、5…Crパターンニング用レジスト、6…シフトパターンニング用レジスト。

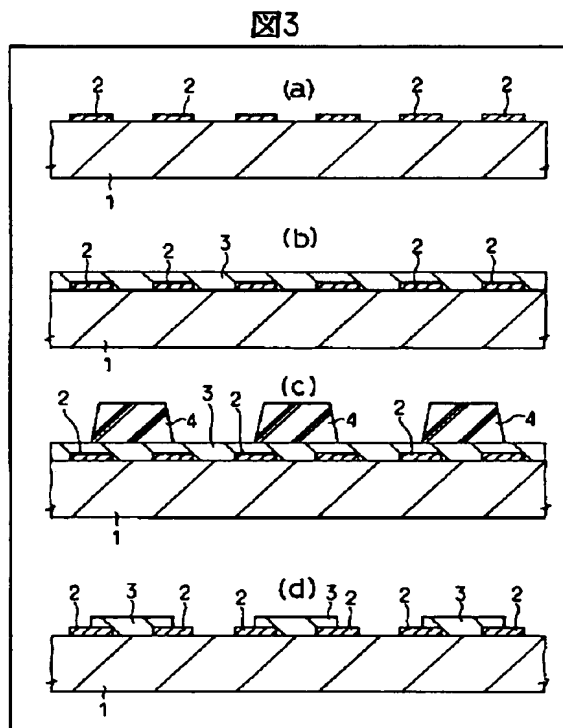
【図1】



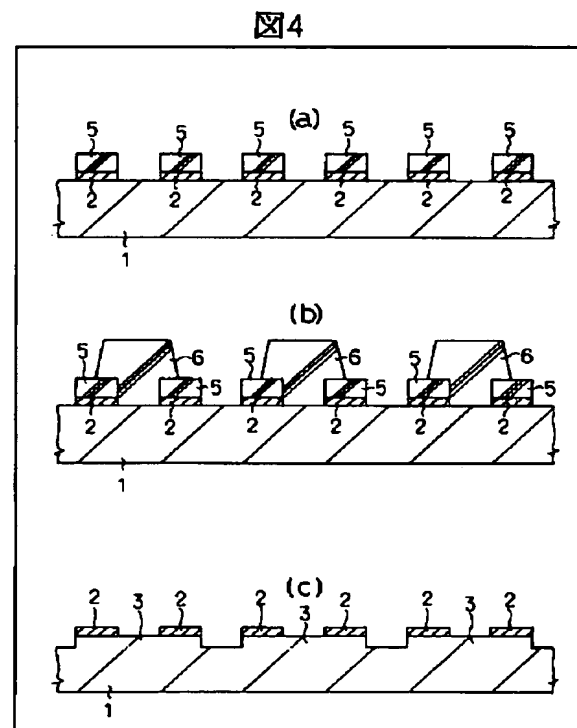
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 曾田 祐一  
東京都千代田区大手町二丁目6番2号 日  
立電子エンジニアリング株式会社内